

# ケーブル損傷を模擬したPC箱桁橋の残存耐荷力評価

大島義信・吉田英二・石田雅博

## 1. はじめに

現在、わが国では高度経済成長期以降に集中的に整備された橋梁やトンネルなどの社会インフラが、今後、急速に高齢化してくる問題に直面している。すでに、沿岸部などの立地環境の厳しい場所などでは、一部の橋梁で劣化損傷が顕在化し始めている。

既設橋の中でも、ポストテンション方式のPC橋は、コンクリート打設後にPC鋼材（以下「ケーブル」という。）を緊張する方式であり、ケーブルの腐食等の劣化を防止するためシースとケーブルの隙間をグラウトで充填することが必須となっている。しかし、近年、既設PC橋において、そのグラウトの充填が十分に行われていない事例が報告されている<sup>1)</sup>。シース内にグラウト未充填箇所が存在すると、雨水や塩化物イオン等がシース内に侵入する恐れがあり、写真-1に示すようにケーブルが腐食・破断する可能性がある。さらに、この状況を放置すると、最終的に落橋という重大事故に繋がる可能性もある。シース内のグラウトは、先流れやブリーディングなどの影響で、シース曲げ上げ部付近やケーブル定着部付近が未充填である可能性が高い。このような箇所でケーブルが破断すると、ケーブルの応力が解放されるものの、グラウトが充填されている箇所でケーブルが再定着することが知られている。この場合、ケーブルの応力が解放された未定着区間ではプレストレスが損失し、その断面の耐力が低下する。一方、ケーブルが再定着した区間では、プレストレスが失われず、断面の耐力が残存する。すなわち、グラウト未充填部分でケーブルが破断したPC桁では、部分的なプレストレスの喪失や残存が生じ、桁全体の耐荷力の評価が極めて難しい。

これまで、既設PC橋の中で特に実績が多いT桁型式については、単体の桁に対してケーブル破断後の耐荷力特性を評価した事例がある<sup>2)</sup>。しかし、上部構造としてのT桁は桁単体で挙動するの



写真-1 既設PC橋におけるPC鋼材の腐食・破断の事例（下床版下面をはつり劣化部を露出させた状況）

ではなく、複数の桁が連結されて立体的な挙動をする。また、箱桁型式では桁単体でも桁の断面方向に変形が生じる。このような場合には、ケーブル破断等に伴うプレストレスの立体的な再配分や、ねじりやせん断といった抵抗機構が立体的に生じ、ケーブル破断が耐荷力に影響を与える影響については未解明な部分が多い。

よって、本研究では、ケーブル破断が桁構造の立体的な挙動に与える影響を明確にするために、グラウト未充填区間において、ケーブルが定着部付近で破断した実橋梁をモデルとしたPC箱桁供試体を製作し、曲げ載荷試験により残存耐荷力の評価を行った。

## 2. 試験概要

### 2.1 供試体

図-1、図-2、表-1及び写真-2に供試体の概要を示す。供試体は、箱桁型式のポストテンション方式のPC橋を模擬した1/2縮小モデルの健全供試体1体（G0）（写真-2）とケーブル破断及びグラウト未充填の損傷を模擬した供試体（G1、G2）2体の合計3体の供試体を製作した。供試体のケーブルは、片側のウェブに4本、下フランジに2本配置している。損傷を模擬した供試体G1及びG2は、それぞれウェブの片側、両側のケーブルが損傷し、かつ、下フランジ部のケーブルが破断した状態を想定している。

### 2.2 ケーブル破断の模擬

定着部付近でのケーブルの破断を模擬するために、定着部から図-1に示す仮想せん断破壊面（荷

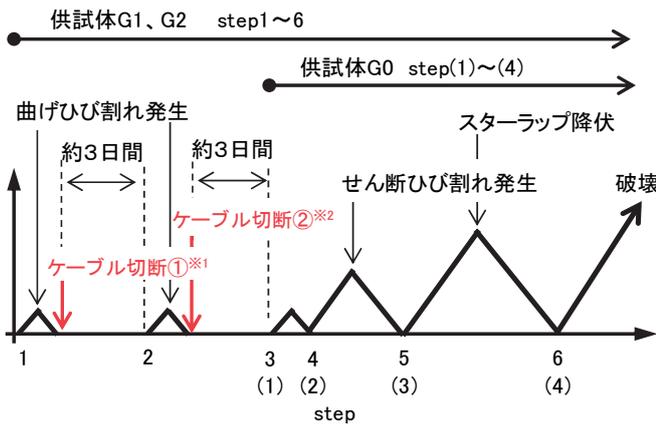


ルが健全であることを想定している。また、コンクリートの設計基準強度は40N/mm<sup>2</sup>とした。

### 2.3 試験方法

試験は荷重点距離間1.5mの2点荷重により行い(図-1)、荷重点直下のコンクリートが破壊するまで静的に荷重を行った。

図-3に各供試体の荷重ステップを示す。ケーブル破断後にはケーブルの再定着が生じるが、そのときコンクリートのクリープが生じる。実験においても再定着後のクリープ現象が低減するまで無荷重状態を維持し、破断から3日後に荷重を行っている。損傷を模擬した供試体G1、G2においては、ケーブル破断後に繰返し荷重を行った。ケーブル切断の状況を写真-3に示す。ケーブルの破断は、2段階に分けて行っている。ケーブルの破断は、上縁定着部からシース内部への浸水が原因と



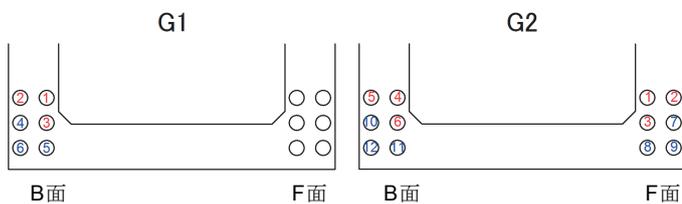
※1ケーブル切断①: 供試体G1→3本、供試体G2→6本  
 ※2ケーブル切断②: 供試体G1→3本、供試体G2→6本

図-3 荷重ステップ



(a) 上縁定着部 (b) ウェブ

写真-3 ケーブルの切断状況



※赤字はステップ1で切断。青字はステップ2で切断

図-4 PC鋼材切断順序

なり発生しやすい傾向があることから、第一段階では、上縁定着しているケーブルを供試体G1は片側3本、供試体G2は両側6本を切断し、第二段階で、桁端定着しているケーブルを供試体G1は片側3本、供試体G2は両側6本を切断している(図-4)。

### 3. 試験結果

図-5及び写真-4に、各供試体の荷重-変位曲線及び試験後の状況をそれぞれ示す。荷重-変位曲

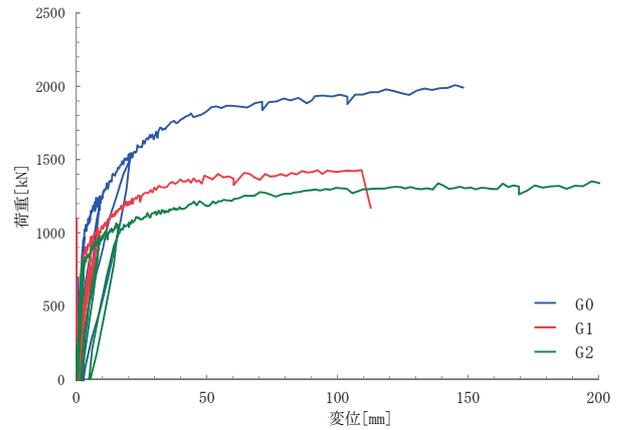
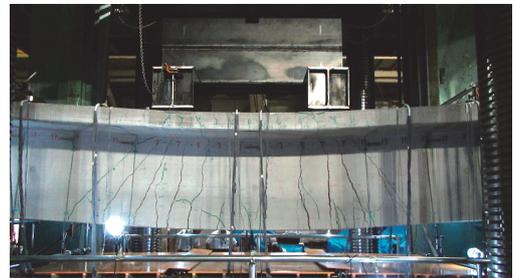


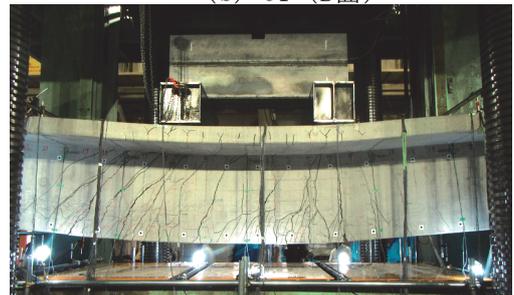
図-5 荷重-変位関係



(a) G0 (B面)



(b) G1 (B面)



(c) G2 (B面)

写真-4 試験後の状況

線より、供試体G0、G1、G2の順に破壊荷重が小さく、ケーブルの劣化損傷の影響を確認することができた。損傷供試体（供試体G1、G2）は、グラウト未充填を模擬し、ケーブルが破断したことにより、健全供試体（供試体G0）と比較して、耐力が70%程度まで低下することが確認された。ただし、荷重-変位曲線が線形的に増加する領域までは、健全および損傷供試体の曲げ剛性の差はほとんど生じていなかった。このことは、損傷供試体においても、曲げ剛性に影響を与える中央部でのプレストレスの損失は生じておらず、健全供試体との差が生じにくいとめと考えられる。実橋においても、PC桁のケーブルが破断してプレストレスの部分的な低下が生じている場合でも、設計荷重レベルでは剛性の変化が小さく、初期剛性によるケーブル破断等の評価が難しいことが示唆される。

供試体G1、G2では、グラウト未充填を模擬した区間において、せん断ひび割れの発生が先行する傾向が見られた。片側のみ未充填区間を設定した供試体G1では、ケーブル破断後、充填及び未充填区間の境界部において、ひび割れが集中する傾向が見られた。最終的には、その損傷が進展したウェブにて、せん断破壊が発生した。一方、左右に未充填区間を設定した供試体G2では、ケーブル切断後、左右のウェブでひび割れが分散する傾向がみられ、最終的に、供試体G0と同様、載荷点付近の上縁コンクリートが圧壊した。結果的に、供試体G2は供試体G1とほぼ同等の破壊荷重を示すとともに、供試体G0とほぼ同程度の変形性能を示した。この結果から、箱桁のような立体機能を持った構造モデルにおいては、ケーブル破断箇所の特定が重要であり、その破断の位置によっては荷重が再分配せず破壊が進展する可能性や、供試体G2のように、荷重の再分配により、

高い変形性能を示す可能性があることが分かった。このことから、グラウトの未充填やケーブルの破断が生じている可能性のある桁に対する残存耐力の評価では、ケーブル破断の位置及びグラウト未充填箇所の情報が極めて重要であるといえる。今後は、効果的・効率的にPC桁の内部構造を可視化する非破壊技術の開発と合わせて、残存耐力評価の高精度化を目指す予定である。

#### 4. まとめ

本研究では、箱桁型式のポストテンション方式のPC橋を模擬した1/2縮小モデルの健全供試体1体とケーブル及びグラウト未充填を模擬した供試体2体の合計3体の載荷試験を行った。その結果得られた知見について以下に示す。

- 1) 損傷を模擬した供試体は、健全供試体と比較して、耐力が70%程度まで低下することが確認された。ただし、荷重-変位曲線が線形的に増加する領域までは、健全および損傷供試体の曲げ剛性の差はほぼ生じていなかった。
- 2) 箱桁のような断面方向の分配効果を持った構造モデルにおいては、ケーブル破断箇所の特定が極めて重要であり、その破断の位置によっては荷重が再分配せず破壊が進展する可能性や、荷重の再分配により高い変形性能を示す可能性があることが分かった。このことから、既設PC箱桁橋の維持管理においては、その点を踏まえた残存耐力の評価を行う必要がある。

#### 参考文献

- 1) 上東泰：PC橋の維持管理、プレレストコンクリート、Vol.45、No.1、pp.64～71、2003
- 2) 轟俊太郎、前田友章、谷村幸裕、岡山準也：PC鋼材破断後のPC梁の耐荷特性、プレレストコンクリート技術協会、第19回シンポジウム論文集、2010.10

大島義信



土木研究所構造物メンテナンス  
研究センター橋梁構造研究グループ  
主任研究員  
Yoshinobu OSHIMA

吉田英二



土木研究所構造物メンテナンス  
研究センター橋梁構造研究グループ  
研究員  
Eiji YOSHIDA

石田雅博



土木研究所構造物メンテナンス  
研究センター橋梁構造研究グループ  
上席研究員  
Msasahiro ISHIDA